Ueber den Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit in den Kranzarterien des isolierten Säugetierherzens auf Stärke und Frequenz des Herzschlages

INAUGURAL-
DISSERTATION

DER HOHEN MEDIZINISCHEN
FAKULTÄT DER UNIVERSITÄT
ROSTOCK ZUR ERLANGUNG DER
DOKTORWÜRDE VORGELEGT
VON **LEO SCHIRRMACHER**
APPROB. ARZT AUS ROSTOCK

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

ROSTOCK · 1901 · ·
CARL HINSTORFFS
BUCHDRUCKEREI ·

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Rostock.

Referent: Herr Professor Dr. Langendorff.

I. Einleitung.

Bei den in den letzten sechs Jahren im hiesigen physiologischen Institut ausgeführten Untersuchungen am überlebenden Säugetierherzen ist oftmals die Beobachtung gemacht worden, dass die Stärke der Herzpulse in wesentlicher Abhängigkeit steht von der Stärke des speisenden Blutstromes. Schon in seiner ersten Mitteilung vom Jahre 1895 macht Langendorff[1] auf dieses Verhältnis aufmerksam. Zwei Jahre später kommt er etwas ausführlicher auf dieses Verhalten zurück.[2]

„Nichts ist aber leichter", sagt er, „als die wichtige Beziehung, die zwischen Stromstärke und Pulshöhe besteht, zu demonstrieren Beide regeln sich im lebenden Tiere wechselseitig. Indem bei erhöhter Herzkraft der Blutdruck steigt, nimmt auch die Speisung des Herzmuskels zu und damit wird ihm die Möglichkeit gegeben andauernd eine höhere Kraftleistung zu entfalten.

Das umgekehrte ist der Fall, wenn die Herzkraft sinkt. Das schwach arbeitende Herz vermag sich

[1]) O. Langendorff, Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. 61 pag. 303 1895.

[2]) Derselbe. Dieses Archiv, Bd. 66 pag. 385 u. 386 Anmerk. 1897.

bald selber nicht mehr genügend zu ernähren. In diesen Beziehungen liegt auch offenbar die Ursache der hauptsächlich von Goltz studierten Erscheinungen, dass bei Lähmung der Gefässmuskeln so bald auch das Herz erlahmt. Bei stark gesunkenem Blutdruck sinkt nämlich der Blutdruck im Kranzgefässsystem so sehr, dass der Herzmuskel immer weniger und weniger zu leisten vermag."

Genauere Untersuchungen über die in Rede stehende Frage sind inzwischen von Magrath und Kennedy[1] unter der Leitung von Townsend Porter angestellt worden.

Die Speisung des isolierten Säugetierherzens geschah hier nach einem dem Langendorffschen durchaus entsprechenden Verfahren. Gleichzeitig mit dem in der Arteria anonyma durch ein Quecksilbermanometer gemessenem Speisungsdruck, verzeichnete ein Hürthlescher Tonograph, der mit einer in die linke Kammer eingeführten Herzsonde in Verbindung stand, die intrakardialen Druckschwankungen und damit die Energie des linken Herzens.

Das Ergebniss dieser Untersuchungen entsprach durchaus den im hiesigen Laboratorium gemachten Erfahrungen: „die Stärke der Ventrikelkontraktionen nimmt ab, wenn die Blutspeisung des Kammermuskels sinkt und wächst mit dem Steigen der Blutzufuhr."

---

[1]) Magrath and Kennedy, the journal of experimental medicine. Vol. II. 1897. pag. 13.

Dagegen finden die Verfasser, dass die Frequenz der Herzschläge nur unbedeutend von der Stärke des Blutstromes beeinflusst wird.

Indem bei diesen Versuchen das langsam aus dem Herzen ausfliessende Blut einen Tropfenzähler in Bewegung setzte, konnte in befriedigender Weise festgesetzt werden, dass bei zunehmendem Speisungsdrucke in der That die Blutspeisung des Herzmuskels zunahm und bei abnehmendem sank.

Es bestand schon lange die Absicht, Versuche dieser Art im hiesigen Institut in systematischer Weise vorzunehmen, zumal die früheren Beobachtungen den Einwand zuliessen, dass die vermehrte Energie des Herzschlages, die bei zunehmender Blutzufuhr beobachtet wurde, weniger eine direkte Folge dieser Zunahme als vielmehr die einer gesteigerten Wärmezufuhr sein möchte.

In den Jahren 1899 und 1900 habe ich deshalb einer Aufforderung von Herrn Prof. Langendorff folgend, eine derartige Untersuchung angestellt.

II. Versuchsmethode.

Das Versuchsverfahren war das im hiesigen Laboratorium übliche.

Es dienten dazu Katzenherzen und zwar wurden jüngere Tiere bevorzugt. Vor allen Dingen kam es darauf an, bei allen Versuchen sowohl das Herz als das durch seine Gefässe strömende Blut möglichst geringen Temperaturänderungen auszusetzen. Da

nämlich der Einfluss der Stromgeschwindigkeit des Speisungsblutes auf die Herzthätigkeit geprüft werden sollte, musste vermieden werden, dass zugleich auch ein anderes Moment sich geltend machte, welches Höhe und Frequenz der Herzthätigkeit beeinflussen konnte.

Dass die Veränderung der Temperatur dieses thut, ist bekannt. Denken wir uns nun ein Herz in einer nicht für sich besonders erwärmten Kammer aufgehängt, so empfängt dasselbe alle seine Wärme von dem durchfliessenden Blute. Je schneller dieses strömt, desto mehr wird das Herz sich erwärmen, je langsamer, desto mehr sich abkühlen. Hält man dagegen das Herz in einem auf die Bluttemperatur erwärmten Raume und sorgt man dafür, dass das zugeführte Blut eine stets gleichmässige Temperatur besitzt, so sind bei Veränderungen der Kranzgefässgeschwindigkeit Änderungen des Herzschlages durch thermische Einflüsse nicht mehr möglich.

Es wurde deshalb bei diesen Versuchen der Blutrecipient und das von ihm ausgehende Leitungssystem in eine Blechwanne so versenkt, dass sie nach deren Füllung mit Wasser völlig davon bedeckt waren. In die eine Schmalwand der Wanne ist eine Blechkammer eingebaut, welche die Anschlusskanüle und das Herz aufnimmt. Diese Kammer ist auf drei Seiten mit Wasser umgeben; ihre Vorderwand ist durch eine herauszunehmende Glasplatte ersetzt Oben wird sie mit einer Glimmertafel bedeckt, die in ihrer Mitte ein Loch trägt, um den Stöpsel der Anschlusskanüle durchzulassen.

Die Wanne steht auf vier Füssen, deren Höhe so bemessen ist, dass ein Bunsenbrenner darunter Platz findet. Ihre Länge beträgt 33 cm, die Breite 18 cm, die Tiefe 16 cm. Die Tiefe der Kammer beträgt ebenfalls 16 cm, jeder der beiden Breitendurchmesser 7,5 cm.

In die Herzspitze wurde wie sonst zur graphischen Aufzeichnung der Herzschläge ein feines Häckchen eingeführt und der zur Aufnahmekapsel führende Faden durch eine Öffnung des trichterförmig gestalteten Bodens geführt. Das Wasserbad wurde durch einen sich selbst regulierenden Gasbrenner auf der gewünschten Temperatur gehalten.

Ferner wurde, um die Temperatur des Wasserbades zu einer möglichst gleichmässigen zu machen, ein Rührwerk in ihm angebracht. Dieses besteht aus vier rechtwinklig an einem Ende einer Axe befestigten, der Fläche nach gebogenen Blechflügeln. Als Axe dient ein in einer Hülse drehbarer Eisenstab, der von oben ins Wasser versenkt wird, so dass die Flügel auf dem Grunde arbeiten. Mittels eines Schnurlaufs, der mit einem Wassermotor verbunden war, wurde das Rührwerk in Bewegung gesetzt. Der kleine Apparat arbeitete so gut, dass die Temperatur des Wassers überall dieselbe war; sie wurde durch ein im Wasser befindliches Thermometer angezeigt.

Kurz vor der Anschlusskanüle wurde eine Schraubklemme angebracht, um die zuströmende Menge des Blutes zu vermehren oder zu beschränken.

In die Anschlusskanüle war wieder ein Thermometer eingesetzt. In ihre konische Bohrung wurde nach Herstellung aller Verbindungen ein Metallmanometer eingefügt, um die Druckhöhe des Blutes dicht über der Aorta mit dem vom Druckflaschenmanometer angegebenen zu vergleichen und etwaige in der Zuleitung eingetretene Druckverluste festzustellen. Statt dieses Manometers konnte mit der Anschlusskanüle ein Hürthlescher Tonograph verbunden werden, der dann die Druckschwankungen über der Herzkurve auf die Registriertrommel aufzeichnete. Im übrigen ist der Apparat derselbe wie er früher beschrieben wurde. Unter den Kurven wurden von einem mit einer Baltzarschen Uhr verbundenen Schreibmagneten Sekundenmarken aufgezeichnet.

Das Blut floss frei aus den abgeschnittenen Hohlvenen ab. Die ausfliessende Blutmenge wurde in einzelnen Versuchen teils durch Tropfenzählung, teils durch Messung grösserer Blutvolumina bestimmt.

Zur Ausführung der Versuche bemerke ich folgendes:

Die Katzen wurden nicht zu tief chloroformiert, um ein Herz zu erhalten, das möglichst wenig vom Chloroform beinflusst war. Das aus der linken Carotide gewonnene Blut wurde durch Schlagen defibriniert, mit dem gleichen Volumen 0,8% Steinsalzlösung verdünnt und durch Rosshaarfilter filtriert. Jetzt wurde das Herz freigelegt und die Kanüle in die Aorta eingebunden. Das hierauf erst völlig ausgelöste Herz wurde sehr sorfältig durch leises Kneten und Durchspülen mit warmer 0,8 % Steinsalzlösung von

allem Blute befreit, sofort in die Anschlusskanüle eingesetzt und mit Blut durchströmt. Das durch das Herz verbrauchte und wieder durch Schütteln frisch arterialisierte Blut wurde jedesmal vor der Wiederbenutzung filtriert, um Störungen durch kleine Blutgerinnsel zu vermeiden.

III. Versuche.

1. Einfluss der Durchflussgeschwindigkeit auf Stärke und Frequenz der Herzschläge.

Die Versuche wurden, wie gesagt, so eingerichtet, dass die Blutströmung durch Erhöhung oder Erniedrigung des Speisedruckes vermehrt oder vermindert wurde. Dass sich auf diese Weise der Durchfluss in der gewünschten Art verändern lässt, darf von vorneherein nicht bezweifelt werden, denn wenn die Widerstände des Leitungsweges dieselben sind, hängt die Strömungsgeschwindigkeit allein von der Druckhöhe ab. Diese Bedingung trifft allerdings nur für starre und unveränderlicher Röhren zu. Es lässt sich aber leicht darthun, dass bei Einschaltung lebender Gefässe von veränderliche Weite positive Änderungen des Druckes eine Vermehrung, negative eine Verminderung der Stromgeschwindigkeit ergeben. Wir haben darüber eine Reihe von eigenen Versuchen angestellt, bei denen teils ein lebendes und schlagendes, bald ein in Flimmern versetztes, bald ein totes Herz der Anschlusskanüle angefügt war. Die in bestimmten Zeiträumen erfolgte Messung der

ausgeflossenen Blutmengen ergab dann die Strömungsgeschwindigkeit.

In anderen Fällen wurde zum Vergleich an Stelle des Herzens eine eng ausgezogene Glasröhre mit der Anschlusskanüle verbunden und auch hier wieder die Beziehungen zwischen Druckhöhe und Stromstärke festgestellt.

Ich stehe davon ab, über diese an sich sehr lehrreichen Versuche zu berichten, da ihre Mitteilung einer späteren Veröffentlichung vorbehalten sein soll, und erwähne hier nur die Thatsache, dass beim lebenden und pulsierendem Herzen die Strömungsgeschwindigkeit nicht proportional dem Drucke, sondern schneller als dieser zu steigen pflegt, eine Erscheinung, die sich unschwer dadurch erklärt, dass die zunehmende Stromstärke die Energie des Herzschlages, die zunehmende Energie aber wiederum die Stärke des Blutstromes steigert. Bei späterer Gelegenheit sollen diese Beobachtungen eingehend erörtert werden.

Ich beschäftige mich hier nur mit den Beobachtungen am schlagenden Herzen.

Die Druckänderung wurde erzielt

a) dadurch, dass auf ein in bestimmten Zeitintervallen gegebenes Zeichen der zur Druckluftflasche führende Wasserhahn schnell geöffnet und solange offen gehalten wurde, bis der am Quecksilbermanometer gemessene Druck um 10 mm gestiegen war. Auf dieser Höhe wurde er dann eine bestimmte Zeit erhalten, während welcher der Registriercylinder in Gang gesetzt wurde. Nach Aufzeichnung einer mehr oder minder

grossen Reihe von Pulsen wurde derselbe wieder angehalten, ein zweites Zeichen bewirkte erneuten Wasserzufluss und damit wieder Erhöhung des Druckes um 10 mm. Wieder wurde eine Pulsreihe verzeichnet und so fort. Natürlich ging man in solchen Fällen von einem möglichst niedrigen und eine längere Zeit festgehaltenen Injektionsdruck aus.

b) In ähnlicher Weise wurde in absteigender Richtung verfahren. Der Druck wurde durch zeitweilige Eröffnung des in der Druckluftflasche befindlichen Wasserabflusshahnes bis zum Sinken des Quecksilbermanometers um 10 mm erniedrigt; eine Pulsreihe verzeichnet, der Abflusshahn wieder geöffnet und so fort.

c) Der Druck wurde kontinuirlich gesteigert, das heisst, der Wasserzufluss zur Druckflasche wurde dauernd offen gehalten, bis der Druck auf das zu erreichende Maximum angestiegen war. Es wurde darauf geachtet, dass diese Änderung sich nur langsam vollzog. Während der ganzen Zeit der Druckänderung wurden die Herzschläge aufgeschrieben.

d) Der Druck wurde durch Öffnen des Wasserabflusshahnes ebenso bei fortlaufender Pulszeichnung kontinuirlich gesenkt

In vielen Fällen wurde vermittels eines vorher geaichten Hürthleschen Tonographen (s. oben), der unmittelbar vor dem Herzen herrschende, sprungweise oder linear steigende oder fallende Druck über der Herzkurve verzeichnet. In anderen Fällen begnügten wir uns mit der Vermerkung der

Druckhöhen über den einzelnen Abschnitten der Herzkurven.

Bei der Ausmessung der durch die graphische Darstellung gewonnenen Kurvenzeichnungen wurde die nicht ganz genau, aber doch annähernd, zutreffende Voraussetzung gemacht, dass die aufgeschriebenen Pulshöhen der vom Herzen entfalteten Energie proportional steigen und fallen. Eine frühere Aichung des Kapselsystems hatte Ergebnisse geliefert, die zu diesem Schlusse berechtigten.

In direkterer Weise haben wie angeführt Magrath und Kennedy die Energie der linken Kammer ermittelt. Da sie jedoch zum Zweck dieser Messung die linke Kammer mit Blut füllen mussten, das je nach der Stärke der Kontraktionen einen wechselnden Druck auf die Herzwand und deren Gefässe ausüben musste, erscheint das Verfahren nicht einwandfrei. Handelt es sich doch bei solchen Versuchen nicht darum, die Bedingungen nachzuahmen, die beim Herzen des lebenden Tieres herrschen, sondern um elementare Versuche, bei denen die Bedingungen höchst einfach und in ihrer Wirkungsweise genau übersehbar hergestellt werden müssen.

Magrath und Kennedy haben selbst an diese Fehlerquelle gedacht und haben sie zu untersuchen begonnen, aber sie doch bei der Art ihres Versuchsverfahrens nicht vermeiden können.

Zur Ausmessung der Kurven bediente ich mich eines Kurvenmesstisches, der die direkte Ablesung von 0,05 mm Ordinatenhöhe erlaubte, also eine für

unsere Zwecke völlig genügende Genauigkeit hatte. Leider muss ich darauf verzichten die sehr anschaulichen Kurvenzeichnungen in Beispielen mitzuteilen; schon die blosse Betrachtung derselben erlaubt keinen Zweifel über die Art und Grösse der hervorgebrachten Veränderungen. Doch schien es mir wünschenswert die Versuchsergebnisse in Form von Messungstabellen wiederzugeben.

Versuchsbeispiele.

A. Stufenweise Erhöhung und Erniedrigung des Druckes.

Versuch vom 9. 4. 1900.

Katzenherz. Mit demselben Volumen 0,8 % Steinsalzlösung verdünntes Blut. Temperatur 38° C. Der Druck wurde von 80 mm Hg auf 150 mm Hg in Pausen gesteigert und ebenso auf 50 mm Hg fallen gelassen. Nach jeder Druckänderung wurde 10 Sekunden gewartet, ehe aufgezeichnet wurde. Die Tafel zeigt schön die Unterschiede der Herzenergie.

Mit dem Kurvenmesstisch war eine Lupe fest verbunden, die hinreichend stark die einzelnen Pulskurven vergrösserte.

Die angegebenen Höhen bedeuten die Durchschnittshöhe aller Pulse unter ein und demselben Druck. Mit zunehmendem Druck zeigt die Höhe der Pulse ein Wachsen und ein Fallen mit der Verringerung desselben.

Tabelle 1.

Druck in mm Hg.	80	90	100	110	120	130	140	150	140	130
Höhe der Pulse in mm.	17,34	17,05	17,41	20,135	22,0	21,15	22,25	29,25	27,13	25,3
Druck in mm Hg.	120	110	100	90	80	70	60	50		
Höhe der Pulse in mm.	23,265	22,02	20,445	17,44	14,05	10,305	8,02	4,36		

Die Auszählung der Herzschläge ergiebt auf die Zeit von 10 Sekunden im Durchschnitt:

Tabelle 2.

Druck in mm Hg.	50	60	70	80	90	100	130	150
Zahl der Pulse.	33 (32)	33	33	34	34	34	35	35
Zeit in Sekunden.	10	10	10	10	10	10	10	10

Es ist also ein geringer Unterschied in der Frequenz der Herzschläge vorhanden.

Versuch vom 9. 4. 1900.

Der Versuch ist wiederholt mit demselben Herzen und unter denselben Bedingungen. Er zeigt dieselbe Ab- und Zunahme. Vergleicht man die aufsteigende Kurve mit der absteigenden, so ist festzustellen, dass die Energie der Pulse gleicher Druckhöhen nicht dieselbe ist, sie pflegt geringer zu sein auf der Seite des abnehmenden Drucks, während in Tafel 1 das Umgekehrte der Fall zu sein pflegt.

Tabelle 3.

Druck in mm Hg.	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Höhe der Pulse in mm.	11,6	12,0	12,35	13,2	14,6	16,45	19,11	19,4	21,0	20,45
Druck in mm Hg.	130	120	110	100	90	80	70	60	50	
Höhe der Pulse in mm.	20,1	19,45	17,25	15,265	14,25	13,425	12,1	10,01	9,295	

Versuch vom 19. 5. 1899.

Katzenherz. Mit gleichem Volumen verdünntes Blut. Temperatur 38° C. Der Druck wird in Pausen von 50 mm Hg auf 120 mm Hg vermehrt. Ein Druckschreiber, der auf die Ansatzkanüle statt des Manometers gesetzt wurde, zeichnete die Druckhöhe über der Pulskurve selbstthätig auf.

Tabelle 4.

Druck in mm Hg.	50	60	70	80	90	100	110	120
Höhe der Pulse in mm.	1,02	1,34	3,27	4,0	6,015	8,415	12,35	14,01

Versuch vom 19. 5. 1899.

Dasselbe Herz wie das zum vorigen Versuch verwandte. Dasselbe Blut. Temperatur 38 ° C. Der Druck wird wieder in Pausen erhöht und bei 100 mm Hg plötzlich durch Abklemmen der Blutzuleitung auf 0 mm Hg erniedrigt. Die Höhen werden wie bei den voraufgehenden Versuchen im Durchschnitt mitgeteilt, nur beim Druck 0 mm Hg zeigt die angegebene Masszahl die grösste Höhe der Pulskurve an.

Tabelle 5.

Druck in mm Hg.	70	80	90	100	0
Höhe der Pulse in mm.	13,325	14,485	15,04	17,43	19,47

Der Erfolg ist derselbe wie bei den vorigen Versuchen, bei 0 mm Hg jedoch tritt statt einer Abnahme des Druckes eine Zunahme ein. (s. u.)

B. Kontinuierliche Steigerung und Senkung des Druckes.

Versuch vom 10. 5. 1899.

Katzenherz. Mit dem gleichen Volumen 0,8 % Steinsalzlösung verdünntes Blut. Temperatur 38 ° C. Durch langsames Zufliessenlassen von Wasser in der Druckflasche steigt der Druck allmählich von 70 mm Hg auf 150 mm Hg am Quecksilbermanometer. Die Energie der Kontraktionen wächst gleichmässig.

Tabelle 6.

Druck in mm Hg.	70	⟶	150
Höhe der Pulse in mm.	4,41	⟶	9,15
Zahl der Pulse.	14	⟶	16

Die Zahl der Pulse wurde hier wie in der folgenden Tabelle 7, da unter ihren Kurven das Sekundenmass fehlt, mit einem arbiträren Mass (10 mm Abcissenlängen) gemessen und zwar mittels des Kurvenmesstisches. Die Zunahme der Pulse ist eine geringe.

Versuch vom 10. 5. 99.

Dasselbe Herz. Dasselbe verdünnte Blut. Temperatur 38,0 C. Der Druck wird kontinuierlich von 130 mm Hg auf 40 mm Hg erniedrigt. Die Energie der Schläge vermindert sich mit dem abnehmenden Druck.

Tabelle 7.

Druck in mm Hg.	130 —120	110 —100	90 —80	70 —60	50 —40	40 —30
Höhe der Pulse in mm.	21,495	20,1	17,185	16,125	15,6	14,0
Zahl der Pulse.	17	16	16	15	14	13

Die Abnahme der Frequenz ist gering.

2. Erörterung der voraufgehenden Versuche.

Ich komme zu den Schlussergebnissen:

Die Versuche beweisen, dass mit der erhöhten Blutgeschwindigkeit auch die Intensität der Kontraktionen steigt und mit der Verlangsamung des Blutstromes fällt. Dieses Steigen der Intensität beginnt sofort mit jeder Erhöhung des Druckes und erreicht nach einer gewissen Zahl von Schlägen sein Maximum, auf dem es verharrt. Bei Herabsetzung des Druckes scheint es länger zu dauern, bis die der Druckhöhe entsprechende Pulshöhe erreicht wird.

Für Steigen und Fallen der Pulshöhe kann nur allein die vermehrte Geschwindigkeit im Kranzgefässgebiet verantwortlich gemacht werden, da, wie auseinandergesetzt, eine etwa in Betracht kommende Temperaturänderung peinlich vermieden wurde. Die Angaben des in der Anschlusskanüle befindlichen Thermometers zeigten nur Schwankungen um wenige Zehntel Grade. Wie wenig Temperaturänderungen im Spiel waren, bewies auch der Umstand, dass die Frequenz der Herzschläge sich, wenn überhaupt, so doch nur in geringem Grade von der Grösse der Strömungsgeschwindigkeit beeinflusst zeigte. Ich verweise in dieser Beziehung auf die in den Tabellen mitgeteilten Frequenzbestimmungen.

Auf diese Thatsache hat bereits Newell Martin[1] mehrfach hingewiesen. Er zeigte, dass der in der Arteria subclavia gemessene arterielle Druck innerhalb der Grenzen von 25—140 mm Hg einen

[1]) Newell Martin, Physiological papers. Baltimore 1895. pag. 12 und pag. 25.

direkten Einfluss auf die Schlagzahl des isolierten Hundeherzens nicht besitzt. Zu demselben Ergebnis gelangten wie schon oben angeführt auch Porters Schüler Magrath und Kennedy.

In welcher Weise bewirkt nun die vermehrte Strömungsgeschwindigkeit in den Blutgefässen des Herzmuskels die gesteigerte Energie desselben?

Von vorneherein lässt sich ein Einfluss der vermehrten Zufuhr von organischem Nährmaterial zurückweisen. In den Versuchen von Rusch[1] nämlich ergab sich in unzweifelhafter Weise, dass auch bei anorganischen Ernährungsflüssigkeiten, alkalischer Kochsalzlösung, Ringerscher Flüssigkeit, die Kraft der Herzschläge durch Vermehrung des durch die Gefässe geleiteten Flüssigkeitsstromes ähnlich beeinflusst wurde wie in meinen Versuchen durch Blut.

Auch eine Folge der vermehrten Sauerstoffzufuhr kann die Zunahme der Herzenergie nicht sein, denn die Versuche von Strecker[2] mit Blut, das mit Kohlenoxydgas nahezu gesättigt war, also nur wenig Sauerstoff enthielt, hatten gezeigt, dass dabei das Herz in höchst energischer Weise thätig sein kann.

Man könnte ferner daran denken, dass die gesteigerte Zufuhr anorganischer Substanzen das Herz

---

[1]) H. Rusch, Untersuchungen über die Ernährung des isolierten Säugetierherzens nebst geschichtlichen Studien zur künstlichen Speisung des Herzmuskels. Inaugural-Dissertation Greifswald. 1898.

[2]) G. Strecker, Pflügers Archiv Bd. 80 pag. 161, 1900.

zu verstärkter Thätigkeit anregen möchte, indessen ist eine derartige Erklärung gerade nicht wahrscheinlich.

Von anderen Faktoren könnten in Betracht kommen, die durch die Vermehrung des Blutstromes gesteigerte Abführung von Stoffwechselprodukten; etwa von Kohlensäure, deren Anhäufung die volle Entwickelung der Herzenergie beeinträchtigen könnte.

Endlich wäre auch daran zu denken, dass die Steigerung des Blutstromes einen mechanisch erregenden Einfluss ausüben könnte; ich wage nicht zu entscheiden, welcher von diesen Faktoren der wirksame ist, möglich wäre auch, dass mehrere von ihnen gleichzeitig wirken.

Vielleicht würde sich eine Entscheidung treffen lassen dadurch, dass man eine Druckerhöhung im Kranzgefässgebiete herbeiführte, ohne dabei die Strömungsgeschwindigkeit zu steigern. Durch Erschwerung des Blutabflusses aus der Koronarvene würde sich das erreichen lassen. Mir stehen solche Versuche nicht zur Verfügung und es muss späterer Untersuchung vorbehalten bleiben, solche vorzunehmen.

3. Einfluss der Abstellung des Druckes auf die Thätigkeit des Herzschlages.

Die in diesem Abschnitt mitzuteilenden Beobachtungen schliessen sich an an die von Rusch[1]

[1] H. Rusch. Untersuchungen über die Ernährung des isolierten Säugetierherzens nebst geschichtlichen Studien zur künstlichen Speisung des Herzmuskels. Dissert. Greifswald. 1898. Derselbe, Pflügers Archiv Bd. 73, pag. 535. 1898.

zuerst beobachtete Thatsache, dass die gänzliche Abstellung des speisenden Flüssigkeitsstromes in der Regel eine vorübergehende nicht unbeträchtliche Steigerung der Kraft der Herzschläge zur Folge hat. Ich habe wiederholt diese Beobachtung bestätigen können. Wurde an einem längere oder kürzere Zeit unter konstantem Druck pulsierendem Herzen durch Absperren des Ausflusshahnes der Blutflasche der Druck schnell auf 0 mm Hg gebracht, so konnte ich in allen Fällen eine Zunahme der Systolengrösse beobachten. Diese Zunahme geschieht nicht mit einemmal, sondern die Systolen wachsen in einer allerdings kurzen Zeit bis zu einem Maximum an, bleiben dann einige Zeit lang nahezu konstant, um darnach zuerst langsam und gleichmässig, später meist schneller wieder abzunehmen. Sie sinken dann bis zum völligen Erlöschen, was freilich erst ziemlich spät einzutreffen pflegt.

Ich teile hier zur Erläuterung dieses Verhaltens eine Messungstabelle mit, die einem so angestellten Versuche angehört und weise ausserdem auf die früher gegebene Tabelle 5 hin.

Bei dem folgenden Versuch wurden mittels des Kurvenmesstisches die einzelnen Pulse kurz vor dem Abstellen des speisenden Blutstromes und dann nach dessen Abstellung jede eine Pulskurve gemessen, bis diese das Maximum ihrer Höhe erreicht haben. Nachdem dies eingetreten, nimmt ihre Höhe erst langsam, dann schneller ab, bis das Herz erstickt.

Versuch vom 28. 4. 1899.

Katzenherz. Mit dem gleichen Volumen 0,8% Steinsalzlösung verdünntes Blut. Temperatur 38° C. Druck am Quecksilbermanometer 100 mm Hg. Das Herz ist schon längere Zeit zu denselben Versuchen benutzt und bei Beginn dieses Versuches zum drittenmal durch Abstellen des Speiseblutes erstickt und pulslos gewesen. Bei neu zugeleitetem Blut schlägt das Herz wieder kraftvoll und regelmässig.

Tabelle 8.

Druck in mm Hg.	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Höhe der Pulse in mm.	15,25	14,35	20,02	17,2	18,045	17,365	19,3	19,435	20,005	19,2	20,35
Druck in mm Hg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Höhe der Pulse in mm.	19,49	20,8	20,02	21,1	20,425	21,0	20,025	21,005	19,21	21,05	19,245
Druck in mm Hg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Höhe der Pulse in mm.	21,025	20,3	21,44	20,835	22,2	20,4	22,0	21,0	21,105	21,14	20,03

Rusch hat als Erklärung dieses auffallenden und unerwarteten Verhaltens die folgende Ansicht geäussert, die übrigens mit einer für analoge Erscheinungen am wogenden Herzen von Langendorff gegebenen Erklärung übereinstimmt.

Durch die pralle Füllung der Kranzgefässe mit Speisungsflüssigkeit wird, so meint er, die Herzwand in einen solchen Grad der Starre — natürlich ist nicht Totenstarre gemeint — versetzt, dass dem Zustandekommen einer vollkommenen Systole ein erheblicher Widerstand entgegensteht. Durch Abstellung des Stromes wird dieser Widerstand natürlich beseitigt, die nachgiebiger gewordene Herzwand kann sich wieder leicht zusammenziehen und führt deshalb kräftigere Schläge aus.

Rusch fügt dieser Erklärung vorsichtigerweise hinzu: „es wird indessen Aufgabe besonderer experimenteller Untersuchungen sein müssen, diese Erscheinung genauer zu beobachten und die Ursachen ihrer Entstehung ebenso wie ihre nähere Bedeutung klar zu legen."

In der That ist die Deutung von Rusch nicht haltbar. Es wäre, wenn man an ihr festhielte, nicht zu verstehen, weshalb auch bei mässigen Injektionsdruck, durch den der Herzmuskel keineswegs rigide gemacht wird, das Aufhören der Speisung dieselbe Wirkung hat wie beim wogenden Herzen, eine Thatsache, die ich oft habe beobachten können. Wir haben ferner gesehen, dass Drucksteigerungen, anstatt wie man nach Rusch annehmen müsste, schwächend auf die Herzpulse zu wirken, im

Gegenteil immer eine Steigerung derselben herbeiführen, auch dann, wenn dabei die zulässige Grenze des Injektionsdruckes fast erreicht wird.

Wir werden also eine andere Erklärung finden müssen. Der Verdacht, dass es sich um einen Fehler in der Methodik handeln könnte, ist entschieden abzuweisen. Man könnte nämlich daran denken, dass beim Nachlassen des auf der Innenfläche der Aorta lastenden Druckes, die Befestigung des Herzens an der Aufnahmekapsel eine straffere würde und dadurch stärkere Exkursionen der Membran derselben bewirken würde.

Dass dieses Moment nicht in Betracht kommt, dass vielmehr wirklich die Energie der Herzschläge zunimmt ist deshalb sicher, weil die Aufzeichnung des Koronardruckes mittels eines der Anschlusskanüle eingefügten Tonographen bei Abstellung des Druckes eine erhebliche Verstärkung der Druckschwankungen anzeigt, die unbedingt auf eine vermehrte Stärkung der Herzkontraktionen bezogen werden muss.

Dass das Aufhören der Blutspeisung die Herzkontraktionen kräftigt, könnte darauf beruhen, dass die plötzliche Sauerstoffentziehung oder dass die gehinderte Fortführung der Stoffwechselprodukte die Erregbarkeit des Herzens vorübergehend steigerte oder dass beide Momente gleichzeitig wirkten; ich will nicht entscheiden, welche Deutung den Vorzug verdient. Auf jedem Fall hätte man es zu thun mit einer primären Erscheinung des Absterbens, einer

praemortalen Erregbarkeitssteigerung wie man sie bei Nerven und auch bei Skelettmuskeln längst kennt.

Sehr bemerkenswert ist, dass auch die unkoordinierte Thätigkeit des Herzens, die man als Wogen oder Flimmern bezeichnet, durch Abstellen des Blustromes verstärkt wird. Dies hat Langendorff bereits bei seinen ersten Versuchen am überlebenden Warmblüterherzen beobachtet und in seiner Abhandlung vom Jahre 1895, Seite 319, mitgeteilt. Neuerdings hat derselbe bei Versuchen, die in Gemeinschaft mit cand. med. Schlüter angestellt wurden, die weitere Beobachtung gemacht, dass auch die sekundären elektrischen Wirkungen des wogenden Herzmuskels auf Nervmuskelpräparate vom Frosch erheblich verstärkt werden, wenn man den speisenden Blutstrom des isolierten Herzens abstellt.

Ich kann also aus diesen Versuchen folgendes zusammenfassen:

1. Dem schnelleren Durchströmen des Speiseblutes durch das Kranzgefässsystem entsprechen verstärkte Herzschläge.

2. Bei langsamerer Strömungsgeschwindigkeit nehmen die Höhen der Herzschläge ebenso ab.

3. Die Frequenz der Herzschläge wird durch stärkeres oder schwächeres Durchströmen des Speiseblutes nur in geringem Grade beeinflusst.

4. Das Abstellen des Speisedruckes bewirkt auf kurze Zeit ein Anwachsen der Höhe der Herzschläge beim pulsierenden wie beim wogenden Herzen. Die Ruschsche Erklärung der Ursache dieses Verhaltens ist jedoch nicht mehr haltbar.

Lebenslauf.

Geboren wurde ich, Leo Schirrmacher, am 24. Januar 1871 zu Rostock, als Sohn des Professors der Geschichte und Oberbibliothekars an der dortigen Universität Friedrich Wilhelm Schirrmacher und seiner Gemahlin Marie geb. Floerke. Ich bin evangelischer Konfession. Ich besuchte das Gymnasium in Rostock und das Pädagogium zu Putbus auf Rügen. Letztere Anstalt verliess ich mit dem Zeugnis der Reife Ostern 1894, um in Rostock und Berlin Medizin zu studieren. Meine ärztliche Vorprüfung legte ich nach 5 Semestern in Rostock ab. Im Winter 1899/1900 bestand ich ebendort das ärztliche Staatsexamen am 26. Januar 1900. Mein erstes Diensthalbjahr und das zweite Halbjahr leistete ich bei dem Grossherzoglich Mecklenburgischen Füsilier-Regiment Nr. 90, Sommer 1894 und Sommer 1900, ab. Ebendort machte ich meine sechswöchentliche Übung, auf Grund derer ich zum Assistenzarzt d. R. befördert wurde.

Allen meinen Lehrern spreche ich an dieser Stelle den Dank aus, welchen ich ihnen schulde.

Es ist mein dringendes Bedürfnis, an dieser Stelle, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Langendorff, für Rat und That, mit denen er mir bei meiner Arbeit zur Seite stand, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.